

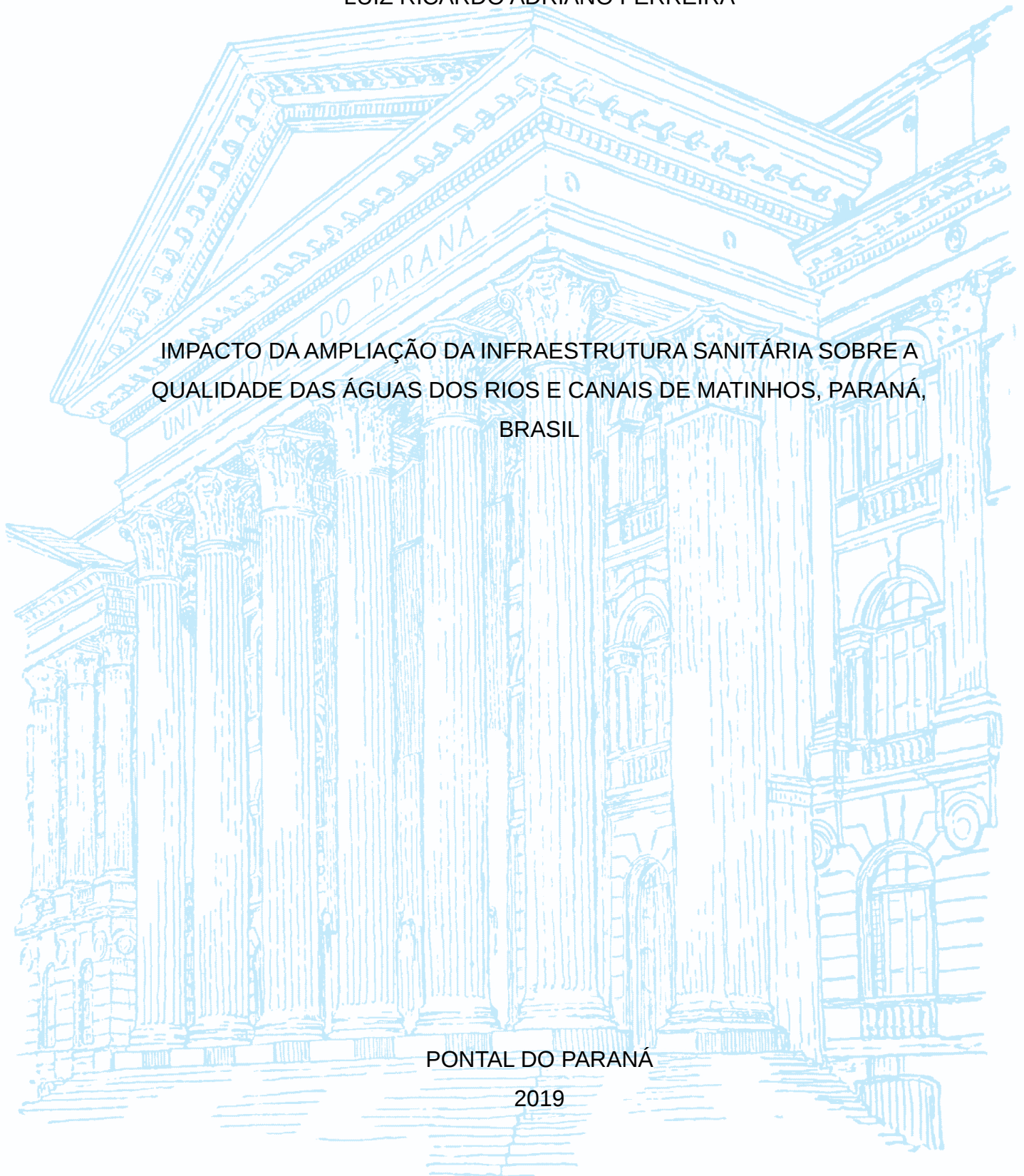
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUIZ RICARDO ADRIANO FERREIRA

IMPACTO DA AMPLIAÇÃO DA INFRAESTRUTURA SANITÁRIA SOBRE A
QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS, PARANÁ,
BRASIL

PONTAL DO PARANÁ

2019



LUIZ RICARDO ADRIANO FERREIRA

IMPACTO DA AMPLIAÇÃO DA INFRAESTRUTURA SANITÁRIA SOBRE A
QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS, PARANÁ,
BRASIL

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani

PONTAL DO PARANÁ

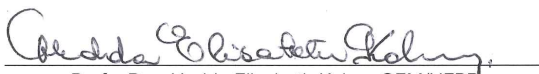
2019

TERMO DE APROVAÇÃO

Luiz Ricardo Adriano Ferreira

"Impactos da ampliação da infraestrutura sanitária sobre a qualidade das águas dos rios e canais de Matinhos, Paraná, Brasil"

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária (Disciplina de TCC II - CEM237), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pela Banca Avaliadora formada pelos membros:



Profa. Dra. Hedda Elisabeth Kolm - CEM/UFPR

Membro Examinador 1



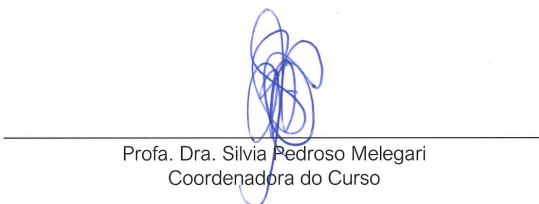
Profa. Dra. Gisele Cavalcante Moraes - CEM/UFPR

Membro Examinador 2



Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani - CEM/UFPR

Orientador(a) e Presidente (ou suplente)



Profa. Dra. Silvia Pedroso Melegari
Coordenadora do Curso

Pontal do Paraná, 06 de dezembro de 2019

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida. Agradeço todas as bênçãos que recaíram, não só sobre mim, mas também sobre todos àqueles que amo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando A. S. Armani, que além dos excelentes ensinamentos como orientador, foi também um grande amigo. Seus ensinamentos foram extraordinários e me proporcionaram crescimento acadêmico, profissional e pessoal que levarei para toda a vida. Obrigado por toda a confiança em mim e a dedicação à realização deste trabalho.

Às professoras Dra. Hedda E. Kolm e Dra. Gisele C. Moraes, pelas contribuições à elaboração deste trabalho. À Universidade Federal do Paraná, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela pela qual hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Às Empresas GEL Engenharia e SANEPAR por terem me proporcionado a oportunidade de trabalhar neste projeto e por toda a colaboração e suporte oferecido. Aos funcionários dessas empresas, obrigado por todos os ensinamentos, orientações e companheirismo.

À minha família, em especial ao meu pai, Ricardo, minha mãe, Denize, e ao meu irmão, Lucas, que sempre me incentivaram e compreenderam as várias horas em que estive ausente por causa do desenvolvimento deste trabalho. À Eduarda Miranda, por todo amor e incentivo. Obrigado por ser minha companheira e entender a minha dedicação a este trabalho.

Aos meus amigos, em especial aos meus grandes amigos que fiz nesta jornada Rodrigo Gimenes da Silva, Suelen Ramos Chagas e Thiago Mendes Dias, por entenderem os momentos de ausência durante o desenvolvimento deste trabalho. Vocês nunca negaram uma palavra de apoio, força e cumplicidade ao longo dessa etapa em minha vida.

Agradeço a Deus e a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho apresentam-se os resultados do monitoramento de rios e canais da cidade de Matinhos, realizado nos anos de 2018 e 2019 para avaliar o impacto da ampliação da infraestrutura sanitária do município na qualidade das águas dos rios e canais do mesmo. Em pontos situados no rio Matinhos e afluentes foram avaliados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, temperatura da água, turbidez, sólidos suspensos totais, alcalinidade total, pH, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), *Escherichia coli* e salinidade. Os resultados obtidos foram comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para rios de classe 2, em que se constatou que em todos os pontos havia parâmetros com valores fora do intervalo definido na resolução para a classe 2. Constatou-se que os rios e canais estão poluídos e que nos períodos turísticos (períodos quentes) a qualidade das águas é geralmente inferior à qualidade das águas dos períodos frios. No ponto mais a montante do rio Matinhos, cuja região é menos urbanizada, a qualidade da água melhorou significativamente. Já nos outros pontos monitorados, a evolução não é tão evidente, provavelmente devido à baixa adesão à rede pela população de Matinhos: após 1 ano de conclusão das obras, apenas 50% da rede está sendo utilizada.

Palavras-chave: Qualidade da água. Rio Matinhos. Sistema de esgotamento sanitário. Matinhos - PR

ABSTRACT

In this work, show the results of monitoring rivers and canals in the city of Matinhos, carried out in the years 2018 and 2019 to assess the impact of the expansion of the municipality's sanitary infrastructure with water quality in the rivers and canals. At points located on the Matinhos River and tributaries, the following parameters were used: dissolved oxygen, water temperature, turbidity, total level suspension, total alkalinity, pH, chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), *Escherichia coli* and salinity. The results obtained were compared to the standards defined by CONAMA Resolution No. 357/2005 for rivers of class 2, which appear in all points that were calculated with values for interval values defined in the resolution of class 2. It was found that the rivers and channels are polluted and those that suffer climatic variations, the water quality is generally inferior to the water quality of the cold periods. No higher point on the Matinhos River, its region is less urbanized, the water quality has improved. In the other monitored points, however, an evolution is not so evident, probably due to the low adhesion to the network by the population of matinhos: after 1 year of completion of the works, only 50% of the network is being used.

Keywords: Water quality. Matinhos river. Sewage system. Matinhos - PR

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PONTOS DE MONITORAMENTO NOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.....	18
FIGURA 2 - IMAGENS DOS PONTOS 1 A 9 DE MONITORAMENTO NOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.....	19
FIGURA 3 - IMAGEM DAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.....	23
FIGURA 4 - RESULTADO DAS ANÁLISES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO DAS AMOSTRAS COLETADAS EM TODOS OS MESES DE MONITORAMENTO. AS BARRAS VERTICAIS AZUIS REPRESENTAM A CHUVA NO DIA MONITORADO E NOS DOIS DIAS ANTERIORES AO DIA DA COLETA.....	29
FIGURA 5 - MAPA COM A REPRESENTAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.....	31
FIGURA 6 - PONTO 10 DE COLETA DE AMOSTRAS E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA SANEPAR NO RIO MATINHOS.....	34
FIGURA 7 - GRÁFICO DE <i>BOXPLOT</i> DAS CONCENTRAÇÕES MENSAIS DE OD EM ÁGUA.....	36
FIGURA 8 - GRÁFICO DE <i>BOXPLOT</i> DAS CONCENTRAÇÕES MENSAIS DE DBO.	37
FIGURA 9 - GRÁFICO DE DISPERSÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE DBO E PLUVIOSIDADE* (PAINEL A), E OD E PLUVIOSIDADE (PAINEL B).....	38
FIGURA 10 - PERCENTUAL DE LIGAÇÕES TOTAIS DOS EDIFÍCIOS DE MATINHOS À NOVA REDE COLETORA DE ESGOTOS.....	39
FIGURA 11 - PRIMEIROS DOIS COMPONENTES DOS EIXOS DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS VARIÁVEIS E PONTOS DE MONITORAMENTO.....	42
FIGURA 12 - PONTO 4 DE MONITORAMENTO SITUADO NO RIO DA ONÇA.....	43
FIGURA 13 - GRÁFICO DE <i>BOXPLOT</i> DOS RESULTADOS DE IQA_u POR ESTAÇÃO DO ANO.....	44
FIGURA 14 - IQA_u PARA OS PONTOS 1 A 6 DE MONITORAMENTO.....	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - NÚMERO DE UNIDADES CONSUMIDORAS (UC) LIGADAS A NOVA REDE COLETORA DE ESGOTO SEPARADO POR MICROBACIA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O MUNICÍPIO DE MATINHOS.....	21
TABELA 2 - DATA DAS COLETAS DE AMOSTRAS POR ESTAÇÕES DO ANO.....	22
TABELA 3 - MÉTODO DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS AVALIADOS NESTE TRABALHO.....	24
TABELA 4 - PADRÕES ESTABELECIDOS PELA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005 PARA RIOS DE CLASSE 2 AOS PARÂMETROS AVALIADOS NESTE TRABALHO.....	25
TABELA 5 - PESO RELATIVO DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NO CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	26
TABELA 6 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE DBO (mgL^{-1}) DAS ESTAÇÕES VERÃO (V), OUTONO (O), INVERNO (I) E PRIMAVERA (P).....	33
TABELA 7 - RESULTADO DAS ANÁLISES DE <i>ESCHERICHIA COLI</i> DAS AMOSTRAS COLETADAS NOS PONTOS 1 A 6 E 10 PARA AS ESTAÇÕES VERÃO (V), OUTONO (O), INVERNO (I) E PRIMAVERA (P).....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	17
3.2 AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	20
3.3 MONITORAMENTO E PROCEDIMENTOS PARA COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA.....	21
3.4 ANÁLISES DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	23
3.5 COMPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	24
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	27
4.1 PARÂMETROS FÍSICOS.....	27
4.2 PARÂMETROS QUÍMICOS.....	28
4.3 PARÂMETRO MICROBIOLÓGICO.....	33
4.4 SAZONALIDADE DA CONCENTRAÇÃO DE OD, DBO E <i>ESCHERICHIA COLI</i>	35
4.5 EFEITO DA NOVA INFRAESTRUTURA SANITÁRIA À QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.....	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, informações sobre a qualidade da água ainda são incipientes e muitas vezes inexistentes em muitas bacias hidrográficas. A ausência do monitoramento dos corpos d'água superficiais implica na limitação de seu uso, pois este está atrelado a qualidade dos corpos hídricos conforme estabelecido na Resolução CONAMA N° 357/2005 (BRASIL, 2005).

Devido à urbanização desordenada, diversos corpos d'água estão degradados. Assim, a água passou a ser escassa quanto à qualidade e a quantidade em grande parte do país (TUCCI et al., 2001; NEVES-SILVA; HELLER, 2016). A fim de suprir as demandas por água, em quantidade e qualidade, a gestão dos recursos hídricos se desenvolveu, de modo que atualmente há no Brasil o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelecido pela Lei N° 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997). Um importante instrumento do PNRH é o enquadramento dos corpos de água em classes, conforme estabelecido na Resolução CONAMA N° 357/2005 (BRASIL, 2005). O art. 9° da Lei N° 9.433/1997 apresenta os objetivos deste instrumento: “I - assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; II - diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.” (BRASIL, 1997). Entre as ações preventivas permanentes está a implantação de sistemas de esgotamento sanitário. Entretanto, atualmente nem toda a população tem acesso a esses serviços, lançando esgoto sanitário *in natura* em corpos d'água, por mais que se tenha conhecimento sobre os riscos que essa prática ofereça, ou fazendo uso de soluções individuais, onde na maior parte não há manutenção e controle de operação, e muitas vezes são pouco eficazes.

No Brasil, apenas 43% da população possui esgoto coletado e tratado, 12% recorrem a fossa séptica (solução individual), e 27% não são atendidas por serviços de coleta sanitária (Agência Nacional das Águas, 2017). Por isso, o lançamento de esgoto sanitário em corpos hídricos ainda é uma prática comum, mesmo se tendo o amplo conhecimento dos riscos associados. O esgoto doméstico contém diversos

organismos patogênicos precursores de doenças de veiculação hídrica, tais como a hepatite, disenteria, gastroenterite e muitas outras doenças infecciosas (SILVA FILHO et al., 2013). Além disso, a poluição hídrica por esgoto sanitário doméstico acresce nutrientes aos ecossistemas aquáticos, fazendo com que algas, bactérias, plantas aquáticas e protozoários cresçam demasiadamente. Como consequência, a concentração de oxigênio dissolvido em água pode ser atenuada a níveis insuficientes para a vida aquática, levando à morte massiva de animais, e formando zonas mortas de difícil recuperação ambiental (PEREIRA, 2014).

Em zonas costeiras, os problemas decorrentes da urbanização são ainda mais acentuados, pois essas regiões além de estarem sujeitas aos problemas comuns de outras regiões do continente, tais como desmatamentos de áreas de preservação, construção de moradias sem infraestrutura adequada, falta de conscientização ambiental dos tomadores de decisão, etc., ainda sofrem com a ocupação antrópica dos terrenos marinhos sem a observância das linhas de costa e com a população flutuante ao longo do ano (SILVA et al., 2008). Assim, muitas das cidades litorâneas brasileiras têm seus corpos d'água em elevado grau de degradação ambiental, tais como os rios e canais das cidades de Matinhos e Pontal do Paraná, situadas no litoral do Estado do Paraná (ARMANI et al., 2018).

Em regiões sem infraestrutura sanitária é recorrente o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento adequado em corpos hídricos, o que leva a um aumento de poluentes aos corpos d'água, degradando estes ambientes (ZSCHORNACK; OLIVEIRA, 2017; ARMANI et al., 2018). No Estado do Paraná, apenas 42% dos edifícios dispunham de rede coletora de esgotos no ano de 2011 (IBGE, 2011). No município de Matinhos, no ano de 2008, apenas 44% da população tinha acesso à rede coletora de esgotos (COLIT, 2006). Atualmente, o sistema de esgotamento sanitário de Matinhos foi ampliado pela GEL Engenharia e pela SANEPAR, de modo que cerca de 85% dos edifícios deste município estão com acesso à rede. As obras foram concluídas no ano de 2018, e a população está gradativamente ligando seus edifícios à rede coletora de esgotos. Com isso, a qualidade das águas dos corpos d'água da cidade de Matinhos tende a melhorar devido ao menor aporte de esgoto doméstico nesses ambientes.

Uma maneira de observar o processo de uso dos recursos hídricos, é realizar o monitoramento da qualidade da água (ROCHA, 2016). Com o monitoramento de corpos d'água identifica-se as características do recurso hídrico, tais como suas condições físicas, químicas e biológicas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo da presente pesquisa foi monitorar a qualidade da água dos rios e canais da cidade de Matinhos em 2018 e 2019 para avaliar o impacto da ampliação da infraestrutura sanitária às águas dessa cidade.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a contaminação do rio Matinhos e seus afluentes por esgoto doméstico;
- Monitorar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade da água ao longo dos rios e canais de Matinhos;
- Comparar a ampliação das ligações residenciais à rede coletora de esgoto à qualidade da água dos rios e canais de Matinhos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil, apesar de ser um dos países com maior disponibilidade hídrica do mundo, tem grande parte dos seus corpos hídricos impróprios para uso, devido, principalmente, ao lançamento de esgoto sanitário *in natura* (COSTA, 2018).

A contaminação dos recursos hídricos por esgoto sanitário encarece o tratamento de águas destinadas ao abastecimento público (POMPERMAYER; ANGELO; ALMEIDA, 2016; PRICE; HEBERLING, 2018). Silva e Ribeiro (2006), por exemplo, estimaram uma redução de 75% do custo do tratamento da água captada do rio Pirapama-PE caso a qualidade das águas desse rio evoluísse da classe 2 para a classe 1 da Resolução CONAMA N° 357/2005.

A saúde da população também é muito impactada pela poluição de ecossistemas aquáticos, pois rios contaminados por esgoto sanitário são criadouros de vetores de doenças de veiculação hídrica (BOSCH; ABAD; PINTÓ, 2005; KISHIDA et al., 2014; SPILKI, 2015}. Kamble (2014) atribuiu a contaminação do rio Panchaganga, na Índia, à proliferação de doenças de veiculação hídrica como a diarreia, a icterícia, entre outras. Diversos trabalhos também apontam a baixa qualidade das águas dos corpos d'água de abastecimento público como uma das principais responsáveis pela proliferação de doenças gastrointestinais (FEWTRELL et al., 2005; CLASEN et al., 2007). Azurin e Alvero (1974) avaliaram a incidência de casos de cólera, fornecimento de instalações sanitárias e abastecimento de água durante 4 anos nas Filipinas e constataram que a baixa qualidade das águas de abastecimento público e a falta de infraestrutura de esgotamento sanitário têm influência direta na proliferação da doença. A falta de infraestrutura em saneamento básico afeta não só a qualidade das águas dos corpos hídricos, como também questões socioeconômicas, ambientais e culturais de uma população.

No Brasil, o saneamento básico tem avançado com a implantação de novas estruturas em áreas urbanas. O litoral do Paraná, por exemplo, teve sua infraestrutura sanitária ampliada nos últimos 3 anos, de modo que atualmente cerca de 75% e 85% das edificações dos municípios de Pontal do Paraná e Matinhos, respectivamente, têm acesso à rede coletora de esgotos (ARMANI et al., 2018).

Segundo Armani et. al. (2018), os rios urbanos dessas cidades estão poluídos por esgoto sanitário, mas esse cenário tende a melhorar com a ligação predial dos edifícios dessas cidades à rede coletora de esgotos recém implantada.

O município de Matinhos concessionaria os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), mas antes da empresa assumir estes serviços, o município já contava com uma rede coletora de esgotos instalada na parte central do município. Os efluentes captados por essa rede não eram tratados, eram lançados diretamente no rio Milome. Quando a SANEPAR entrou em operação, em 1982, foi construída a lagoa de estabilização que ficou conhecida popularmente como "Pinicão". Esta lagoa passou a receber os efluentes da rede coletora e de edifícios de mais algumas regiões da cidade como o do balneário de Caiobá e alguns pontos do bairro Bom Retiro, além da região central. No ano de 2004 iniciou-se a construção da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Matinhos, que foi concluída e inaugurada em 2008 (WIENSKOSKI, 2010). Em 2016 o sistema de esgotamento sanitário do município de Matinhos foi ampliado pelas Empresas SANEPAR e GEL Engenharia, disponibilizando cerca de 13 mil novas ligações à população do município. Em 2018, também se iniciou a ampliação da ETE Matinhos, concluída em 2019. Assim, a atual infraestrutura sanitária do município de Matinhos é composta por redes coletoras de esgotos que captam os efluentes domésticos e os levam até uma estação de tratamento de esgotos que opera com reatores anaeróbios UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). Nesta tecnologia, a matéria orgânica é biodecomposta por uma biomassa com alta atividade biológica. Segundo Baréa (2006), a ETE apresenta eficiência de remoção de demanda bioquímica de oxigênio entre 60 a 85% antes dos efluentes serem lançados ao corpo receptor.

Além do sistema de esgotamento sanitário coletivo (também denominado sistema dinâmico), o sistema de esgotamento sanitário no Brasil pode ser estático. Os sistemas estáticos são aqueles destinados ao atendimento unifamiliar. Entre eles há as fossas negras, fossas sépticas, fossas secas, filtro biológico, entre outros. Esses sistemas são geralmente utilizados em regiões onde não há rede coletora de esgotos. A eficiência no tratamento do esgoto por esses sistemas varia de acordo com as características da construção dessa tecnologia, características

biogeoquímicas do solo, e outros fatores ambientais, tais como os que influenciam na percolação de líquidos no solo (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2011). Peres et al. (2010) avaliaram a eficiência de uma fossa séptica sem pós tratamento e constataram a remoção média de apenas 55% da demanda química de oxigênio (DQO). Já Anil e Neera (2016) constataram 94% e 99% na remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e *Escherichia coli*, respectivamente, em uma fossa séptica modificada verticalmente com filtro zeólito. No entanto, diferentemente dos sistemas dinâmicos, os sistemas estáticos não permitem intervenções durante a sua operação, o que implica em contaminação de águas subterrâneas e superficiais quando mal dimensionados (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2011).

A fossa negra é um tanque enterrado que recebe o esgoto doméstico, retém a parte sólida e permite a percolação de todo o líquido no solo (COSTA; GUILHOTO, 2015). Em regiões onde não há rede coletora de esgoto, essa tecnologia é muito utilizada, o que implica na deterioração de corpos d'água superficiais e subterrâneos. No trabalho de Norat-Ramírez et al., (2019), foi associada a baixa qualidade da água à grande quantidade de fossas na região da bacia hidrográfica Vista Azul em Porto Rico.

O monitoramento da qualidade das águas dos rios de uma bacia hidrográfica com infraestrutura sanitária recém implantada permite identificar as áreas fontes de poluição hídrica e acompanhar a evolução das características biológicas, físicas e químicas do corpo hídrico em questão. A análise da variação de oxigênio dissolvido em rio urbanos, por exemplo, pode indicar possíveis pontos de lançamento irregular de esgoto doméstico *in natura* (VILLATE et al., 2013; PILOTTI; CHAPRA; VALERIO, 2019).

Na literatura há diversos trabalhos apresentando a avaliação da qualidade das águas de corpos hídricos no Brasil. Na Bacia Hidrográfica do Açude Acarape do Meio, no semiárido brasileiro, Lima; Mamede e Neto (2018) atribuíram a baixa qualidade da água à baixa eficiência da ETE da região, falta de saneamento básico da zona rural e às atividades agrícolas e pecuárias. Souza e Gastaldini (2014), associaram as variações da qualidade da água do rio Vacacaí-Mirim, no Estado do Rio Grande do Sul, ao uso e a ocupação do solo na região como cobertura vegetal,

atividades agrícolas e áreas urbanas e rurais. O estudo evidenciou que há influência de contaminação por esgoto doméstico na bacia hidrográfica do rio. Já Sousa e Sementato (2015) avaliaram os efeitos da implantação do sistema de esgotamento sanitário na Região Metropolitana de São Paulo na qualidade da água do rio Piracicaba. Os autores diagnosticaram que a qualidade da água, que estava sendo deteriorada nas décadas de 1980 e 1990, permaneceu contante nos anos que sucederam a estação, evidenciando que há uma relação direta entre o processo de urbanização e a própria capacidade do sistema de esgotamento sanitário do município.

Uma vez que o sistema de esgotamento sanitário de Matinhos foi ampliado, as soluções estáticas tendem a reduzir em quantidade. Isso está sendo constatado nos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná, pois esses tiveram sua rede coletora de esgoto ampliada pela GEL Engenharia e pela SANEPAR entre os anos de 2016 e 2018. A atual rede coletora de esgoto está disponível à cerca de 75% e 85% da população de Pontal do Paraná e Matinhos (ARMANI et al., 2018), respectivamente, sendo que cerca de 50% da nova rede dessas cidades já está em uso pela população, como será visto na Seção 3 e 4.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho apresenta uma avaliação qualitativa e quantitativa dos resultados de parâmetros da qualidade da água dos rios e canais de Matinhos. As seções seguintes descrevem o local de estudo, os materiais e métodos que foram utilizados neste trabalho.

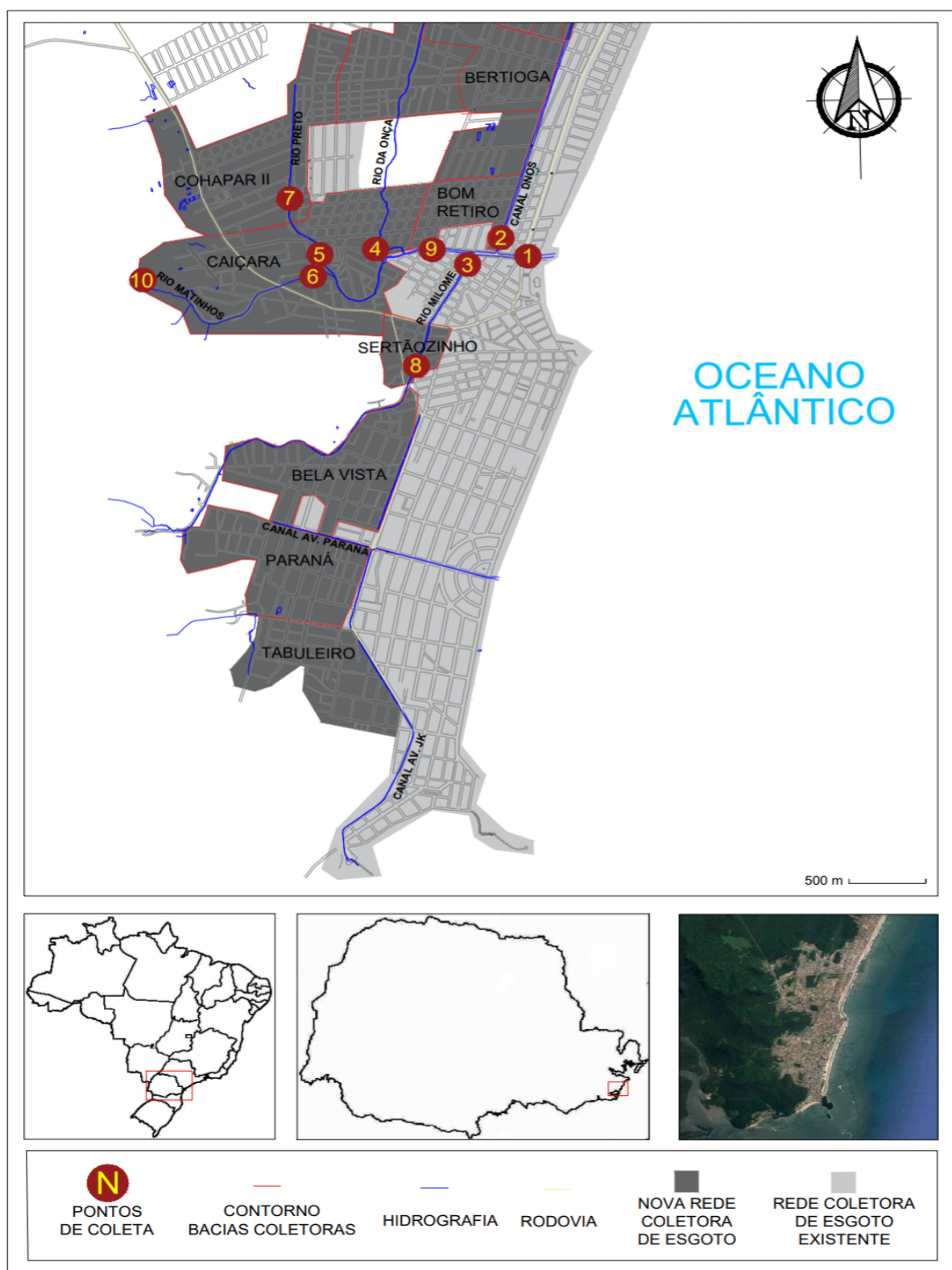
3.1 ÁREA DE ESTUDO

O litoral do Paraná apresenta uma extensa linha de costa, com praias arenosas e regiões estuarinas predominantes por manguezais (PIERRI et al., 2006). Essa região abrange 7 municípios, entre eles Matinhos - PR, área de estudo deste trabalho.

O município de Matinhos ocupa uma área de 116,544 km² e sua população residente é de aproximadamente 30 mil pessoas (IBGE, 2010). O seu relevo é predominantemente plano, onde predomina o tipo de relevo denominado planície litorânea. O clima da região é definido como subtropical subquente superúmido com uma temperatura média de 21°C anual, tendo temperaturas amenas e chuvas abundantes ao longo de todo o ano (KOTTEK et al., 2006). O município está situado entre a planície costeira, composta por oito morros (Cabaraquara, da Cruz ou Escalvado, Canela, Bico Torto, Taguá, Pedra Branca, Batatal e do Boi), e o maciço montanhoso da Serra da Prata (BIGARELLA, 2001).

Os rios e canais monitorados em Matinhos - PR são o rio Matinhos e seus afluentes: canal Departamento de Obras de Saneamento (DNOS), o rio Milome, o rio da Onça e o rio Preto. Na FIGURA 1 exibe-se um mapa destacando os rios e os pontos de monitoramento na cidade de Matinhos e na FIGURA 2 exibe-se fotografias dos pontos 1 a 9 de monitoramento.

FIGURA 1 - PONTOS DE MONITORAMENTO NOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.



FONTE: O autor (2020).

FIGURA 2 - IMAGENS DOS PONTOS 1 A 9 DE MONITORAMENTO NOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.



FONTE: O autor (2020).

O rio Matinhos tem sua foz no oceano e sua bacia hidrográfica tem área de 32 km². Essa bacia é composta por ambientes estuarinos da planície litorânea e de pequenas bacias hidrográficas que se originam, principalmente, na região da Serra da Prata (MILANI; CANALI, 2000).

Para facilitar o loteamento e melhorar o saneamento da cidade, alguns canais foram construídos e rios retelinizados. A construção dos canais e retificação dos rios tiveram início na década de 1950 com a construção do canal DNOS. Um dos principais objetivos da construção desse canal era erradicar a malária. O canal da Av. Paraná e o canal da Av. Juscelino Kubitschek foram retelinizados para facilitar os loteamentos crescentes na época e melhorar a drenagem das áreas em processo de urbanização.

A bacia hidrográfica do rio Matinhos já foi intensamente modificada na área de estudo deste trabalho. Na FIGURA 1, destaca-se a área urbana da cidade contemplada pelo sistema de esgotamento sanitário. As áreas que receberam a nova rede coletora de esgoto doméstico estão representadas pelos polígonos em cor cinza escuro, enquanto os polígonos em cor cinza mais claro representam a rede coletora que já existia na região.

3.2 AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A ampliação do sistema de esgotamento sanitário em Matinhos e Pontal do Paraná teve início em Janeiro de 2016 e foi concluída em Julho de 2018 pelas Empresas SANEPAR e GEL Engenharia. Essa obra disponibilizou cerca de 27 mil novas ligações à população dos municípios Matinhos e Pontal do Paraná, sendo que em Matinhos foram um total de 12.801 ligações.

Na FIGURA 1 algumas áreas foram contornadas na cor vermelha para mostrar as divisões das microbacias de esgotamento sanitário. Na TABELA 1 estão os números de ligações entregues para comercialização pela SANEPAR, bem como os números de unidades consumidoras corretamente interligadas até Setembro de 2019 e os percentuais de ligações feitas em cada microbacia de esgotamento sanitário.

TABELA 1 - NÚMERO DE UNIDADES CONSUMIDORAS (UC) LIGADAS A NOVA REDE COLETORA DE ESGOTO SEPARADO POR MICROBACIA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O MUNICÍPIO DE MATINHOS.

Microbacias de esgotamento sanitário	Ligações disponíveis	UC's interligadas
Caiçara	1493	666
Bom Retiro	871	260
Sertãozinho	279	129
Bertioga	646	403
Paraná	763	383
Tabuleiro	676	450
Cohapar II	734	385
Bela Vista	817	541
Demais microbacias*	6822	1409
Total	12801	6495

FONTE: O autor (2020).

NOTA: * Microbacias de esgotamento sanitário não representadas no mapa da FIGURA 1.

3.3 MONITORAMENTO E PROCEDIMENTOS PARA COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

Os pontos monitorados neste trabalho estão representados no mapa da FIGURA 1. Os pontos 1, 6, 9 e 10 foram definidos para avaliar a qualidade da água do rio Matinhos, os pontos 3 e 8 do rio Milome, o ponto 4 do rio da Onça, os pontos 5 e 7 do rio Preto e o ponto 2 do canal DNOS.

Como os pontos próximos à foz do rio Matinhos recebem influência da água do mar, todas as coletas foram realizadas mensalmente em horário de maré vazante de Sizígia, pois, em princípio, observa-se maior contribuição dos rios nas amostras coletadas do que da água do mar. Desta forma, as coletas se iniciaram no ponto de monitoramento mais próximo da foz do rio Matinhos até o ponto mais a montante, seguindo a sequência: 1, 2, 3, 9, 4, 5, 6, 7, 8 e 10 conforme a FIGURA 1. Na TABELA 2 estão as datas das coletas de amostras por estação do ano de monitoramento.

TABELA 2 - DATA DAS COLETAS DE AMOSTRAS POR ESTAÇÕES DO ANO.

Estações do ano	Data das coletas		
Verão/18	17/01/18	15/02/18	16/03/18
Outono/18	16/04/18	15/05/18	14/06/18
Inverno/18	12/07/18	09/08/18	11/09/18
Primavera/18	11/10/18	08/11/18	06/12/18
Verão/19	23/01/19	19/02/19	21/03/19
Outono/19	17/04/19	18/05/19	19/06/19
Inverno/19	19/04/19	15/08/19	13/09/19
Primavera/19	16/10/19	-	-

FONTE: O autor (2020).

Em todos os pontos monitorados as amostras de água foram obtidas próximas à superfície e no meio do canal em relação a sua seção transversal. A coleta foi realizada cuidadosamente para não ocorrer o toque do coletor com a calha do canal, evitando a ressuspensão e a coleta de sedimentos.

As amostras de água foram coletadas com dois instrumentos diferentes: um amostrador de cabo telescópico em locais rasos e de difícil acesso e um amostrador de balde de polietileno para pontos de monitoramento onde o corpo d'água é mais profundo.

As amostras para as análises microbiológicas foram coletadas em frascos previamente esterilizados em autoclave à temperatura constante de 121°C e a pressão de 1 atm. As amostras para as análises físico-químicas foram armazenadas em frascos de polietileno previamente lavados, conservadas a 4°C e encaminhadas para a análise no laboratório da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da SANEPAR de Guaratuba-PR ou Matinhos-PR. No início do monitoramento, as análises foram realizadas em Guaratuba e, a partir de novembro de 2018, com a transferência do mesmo, foram analisadas em Matinhos.

Na FIGURA 3 estão amostras coletadas para as análises físicas, químicas e microbiológicas a serem realizadas no laboratório da ETE Matinhos.

FIGURA 3 - IMAGEM DAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.



FONTE: O autor (2020).

3.4 ANÁLISES DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.

Os parâmetros avaliados neste projeto foram: oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), alcalinidade total, sólidos suspensos totais, *Escherichia coli*, turbidez e salinidade.

Na TABELA 3 estão os métodos utilizados para obtenção dos resultados de cada parâmetro. Os resultados de oxigênio dissolvido e temperatura da água foram obtidos em campo, *Escherichia coli* no laboratório de análise de Microbiologia Ambiental do Centro de Estudos do Mar (CPP-CEM/UFPR) e os demais parâmetros foram medidos nos laboratórios da SANEPAR.

TABELA 3 - MÉTODO DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS AVALIADOS NESTE TRABALHO

Parâmetro	Método/Equipamento
Oxigênio dissolvido	Sonda Multiparâmetro Hach,
Temperatura da água	modelo HQ40D
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Diluição e incubação ou respirométrico pelo sistema <i>Oxidirect</i> e <i>Oxitop</i>
Demanda química de oxigênio (DQO)	Colorimétrico refluxo fechado de acordo com as normas da ABNT 10.357/1988
Alcalinidade total	Titulação colorimétrica
Sólidos suspensos totais	Norma Técnica Internacional SM 2540 - Sólidos/200
Turbidez	Turbidímetro digital microprocessado - Ap-2000-Ir
pH	Phmetro digital DIGIMED DM22
<i>Escherichia coli</i>	Substrato cromogênico pelo método Colilert ®
Salinidade	Refratômetro

FONTE: O autor (2020).

Como se pode observar no mapa da FIGURA 1, o rio Matinhos sofre influência direta do mar; logo, os pontos 1, 2 e 3, por estarem mais próximos à foz do rio, normalmente apresentaram salinidade característica de água salobra. Isso foi levado em consideração tanto nas análises laboratoriais quanto na avaliação dos resultados dos parâmetros de qualidade da água.

3.5 COMPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados foram comparados aos valores da Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), que classifica os corpos d'água em classe especial, I, II, III e IV de acordo com os resultados dos parâmetros de qualidade da água. Nesta resolução, dentre as várias considerações iniciais, destaca-se o enquadramento baseado nos níveis de qualidade de água para atender às necessidades da comunidade local. Assim, a qualidade da água não deve afetar a saúde e o bem estar da população local, bem como o equilíbrio ecológico aquático. Conforme definido por essa resolução, nos municípios que não possuem plano diretor de recursos hídricos adota-se a classe 2 para os parâmetros da qualidade das águas dos seus corpos hídricos. A água da classe 2 pode ser destinada ao abastecimento humano após tratamento convencional, à proteção de comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação, aquicultura, atividades pesqueiras, harmonia paisagística e navegação (BRASIL, 2005). Atualmente, o município de Matinhos não possui plano diretor de recursos hídricos,

mas os rios e canais do município fazem parte da Bacia Hidrográfica Litorânea. Esta bacia teve o enquadramento estabelecido pela Portaria da Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA) N° 005/89 que definiu o trecho do Rio Matinhos, após lançamento do efluente da ETE até a influência da maré como Classe 2. Por isso, adotou-se a classe 2 para comparação dos parâmetros da qualidade da água analisados neste trabalho. Os parâmetros de qualidade da água e os padrões estabelecidos nesta resolução para rios classe 2 estão na Tabela TABELA 4.

TABELA 4 - PADRÕES ESTABELECIDOS PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005 PARA RIOS DE CLASSE 2 AOS PARÂMETROS AVALIADOS NESTE TRABALHO.

Parâmetro	Método/Equipamento
Oxigênio dissolvido	>5 mgL ⁻¹
Temperatura da água	< 40°C
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Entre 3 e 5 mgL ⁻¹ de O ₂
Turbidez	< 100 NTU
pH	Entre 6 e 9
<i>Escherichia coli</i>	< 800 NMP100mL ⁻¹

FONTE: O autor (2020).

As condições do tempo também podem interferir na qualidade da água de corpos hídricos. Altas pluviosidades, por exemplo, aumentam o escoamento superficial, transportando os mais diversos tipos de poluentes aos rios e canais de drenagem. Com isso, a precipitação acumulada diária dos dias de coleta e dos dias que a antecederem também foi avaliada neste trabalho. Os dados de chuva foram obtidos na Estação de Tratamento de Esgoto da SANEPAR de Matinhos - PR por um pluviômetro manual, que está localizada nas coordenadas 25°45'47", 48° 31'31".

Todos os parâmetros medidos foram comparados aos padrões preconizados na legislação ambiental e também avaliados com estatísticas descritivas. Utilizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) e o método de Agrupamento Hierárquico. Além disso, calculou-se o Índice de Qualidade da Água (IQA) proposto pela Agência Nacional de Águas (ANA), que é o mesmo adotado pela *National Sanitation Foundation* (NFS). Para o cálculo do IQA deve-se ter os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido (% de sat.), temperatura da água (°C), turbidez (NTU), demanda bioquímica de oxigênio (mgL⁻¹), pH, sólidos suspensos totais, *Escherichia coli* (Coliforme termotolerante), nitrogênio total e fósforo total. Neste

trabalho, tanto fósforo total quanto nitrogênio total não foram medidos, então o IQA está incompleto, variando entre 0 a 80. Desta forma, não foi possível utilizar a classificação da ANA para a qualidade da água com base no IQA. Este índice está sendo utilizado apenas para comparação da qualidade da água entre os pontos e meses de medição. Para enfatizar que o IQA não é o mesmo da ANA, estamos utilizando o índice u (IQA_u).

A equação do IQA_u é dada por (Equação 3.1):

$$IQA_u = \prod_{i=u}^i q_i^{w_i} \quad (3.1)$$

onde, q_i é um número que varia entre 0 e 100, obtido de funções definidas para cada parâmetro de qualidade da água (ANA); w_i é o peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 0,8 para o IQA_u , mas que varia entre 0 e 1 no IQA. As ponderações w_i estão listadas na TABELA 5.

TABELA 5 - PESO RELATIVO DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NO CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA.

Parâmetro	Peso (w_i)
Oxigênio dissolvido	0,17
Temperatura da água	0,10
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	0,10
Turbidez	0,08
pH	0,12
Sólidos totais	0,08
<i>Escherichia coli</i> (coliforme termotolerante)	0,15

FONTE: O autor (2020).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nas primeiras seções deste capítulo, os resultados foram divididos em seções que abordam separadamente os parâmetros físicos (Seção 4.1), químicos (Seção 4.2) e biológico (Seção 4.3). O intuito foi comparar os resultados obtidos com os padrões preconizados na legislação ambiental para cada um dos pontos monitorados. Na sequência apresenta-se uma avaliação da sazonalidade dos parâmetros OD, DBO e *Escherichia coli*, Seção 4.4, para identificar o impacto do turismo na qualidade das águas dos rios e canais monitorados. Por fim, na Seção 4.5, foram comparados os resultados das análises de 2018 com os resultados obtidos em 2019 para verificar se já é possível identificar alguma melhoria na qualidade das águas dos rios e canais de Matinhos com a nova infraestrutura sanitária.

4.1 PARÂMETROS FÍSICOS

A temperatura da água influencia as taxas de reações físicas, químicas e biológicas. Temperaturas elevadas, por exemplo, diminuem a solubilidade dos gases em água, tal como do oxigênio. A Resolução CONAMA N° 357/2005 estabelece que a temperatura ambiente da água deve ser inferior a 40°C. Em todas as coletas a temperatura da água estava abaixo deste valor.

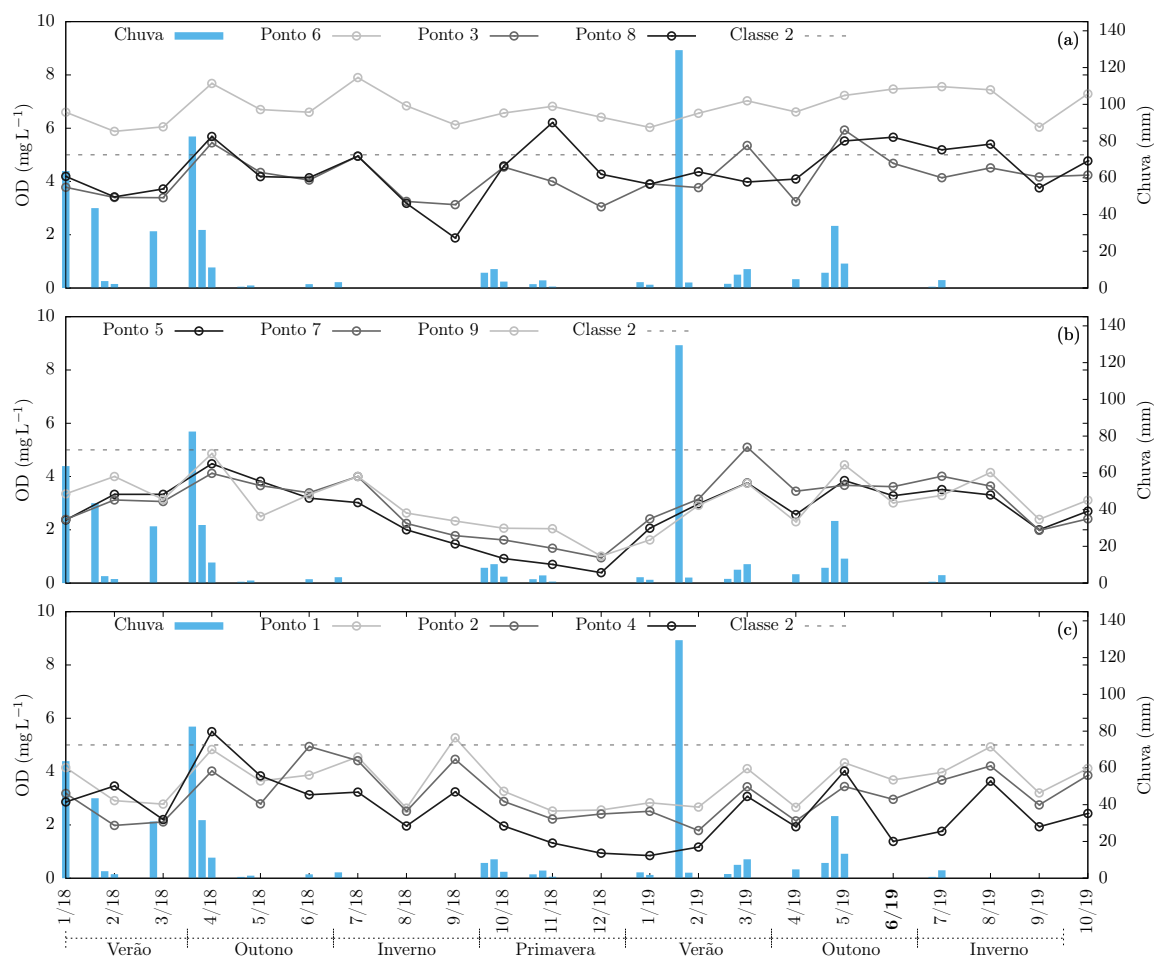
Os valores de turbidez da água obtidos atenderam aos padrões estabelecidos pela resolução para a classe 2 em todos os pontos monitorados (< 100 NTU). A concentração de sólidos suspensos totais (SST) em água corrobora as análises de turbidez: as maiores concentrações de sólidos suspensos totais também foram para as amostras que apresentaram maior turbidez, obtidas no ponto 2 de monitoramento. Esse parâmetro não é pautado na Resolução CONAMA N° 357/2005, então não há uma concentração de referência, mas as concentrações de SST variaram entre 0 e 60 mgL⁻¹ nos meses monitorados. Os sólidos suspensos totais representam a quantidade de materiais suspensos na água que são retidos em um filtro com porosidade de 1,2 µm enquanto a turbidez representa a quantidade de materiais suspensos e coloidais na água.

4.2 PARÂMETROS QUÍMICOS

Organismos aeróbios utilizam o oxigênio para a respiração; logo, a concentração de OD em águas naturais deve ser suficiente para atender a demanda dos mesmos. Na FIGURA 4 estão os resultados de OD obtidos em cada um dos pontos monitorados em todos os meses de monitoramento. A linha horizontal pontilhada representa o limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para corpos d'água classe 2 (5 mgL^{-1}).

Os pontos que apresentaram as maiores concentrações de OD estão dispostos no painel (a) da FIGURA 4. Apenas as medições de OD realizadas no ponto 6 atenderam ao padrão da Resolução CONAMA N° 357/2005 para rios de classe 2 durante todo o monitoramento. O ponto 6 é o ponto de monitoramento mais a montante do rio Matinhos, e que sofre menor interferência de áreas urbanizadas. Quanto as medições realizadas nos outros dois pontos que estão no painel (a), pontos 3 e 8 situados no rio Milome, também tiveram concentrações maiores do que a estabelecida para rios classe 2. Nota-se que as concentrações de OD no ponto 8 eram, em geral, superiores às do ponto 3, o qual está a jusante do ponto 8. Além disso, observa-se que no ponto 8 as concentrações de OD eram maiores que 5 mgL^{-1} em quatro dos últimos seis meses monitorados. Já as medições realizadas nos demais pontos eram geralmente inferiores ao padrão estabelecido na resolução para rios de classe 2 (vide a FIGURA 4-b e a FIGURA 4-c).

FIGURA 4 - RESULTADO DAS ANÁLISES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO DAS AMOSTRAS COLETADAS EM TODOS OS MESES DE MONITORAMENTO. AS BARRAS VERTICAIS AZUIS REPRESENTAM A CHUVA NO DIA MONITORADO E NOS DOIS DIAS ANTERIORES AO DIA DA COLETA.



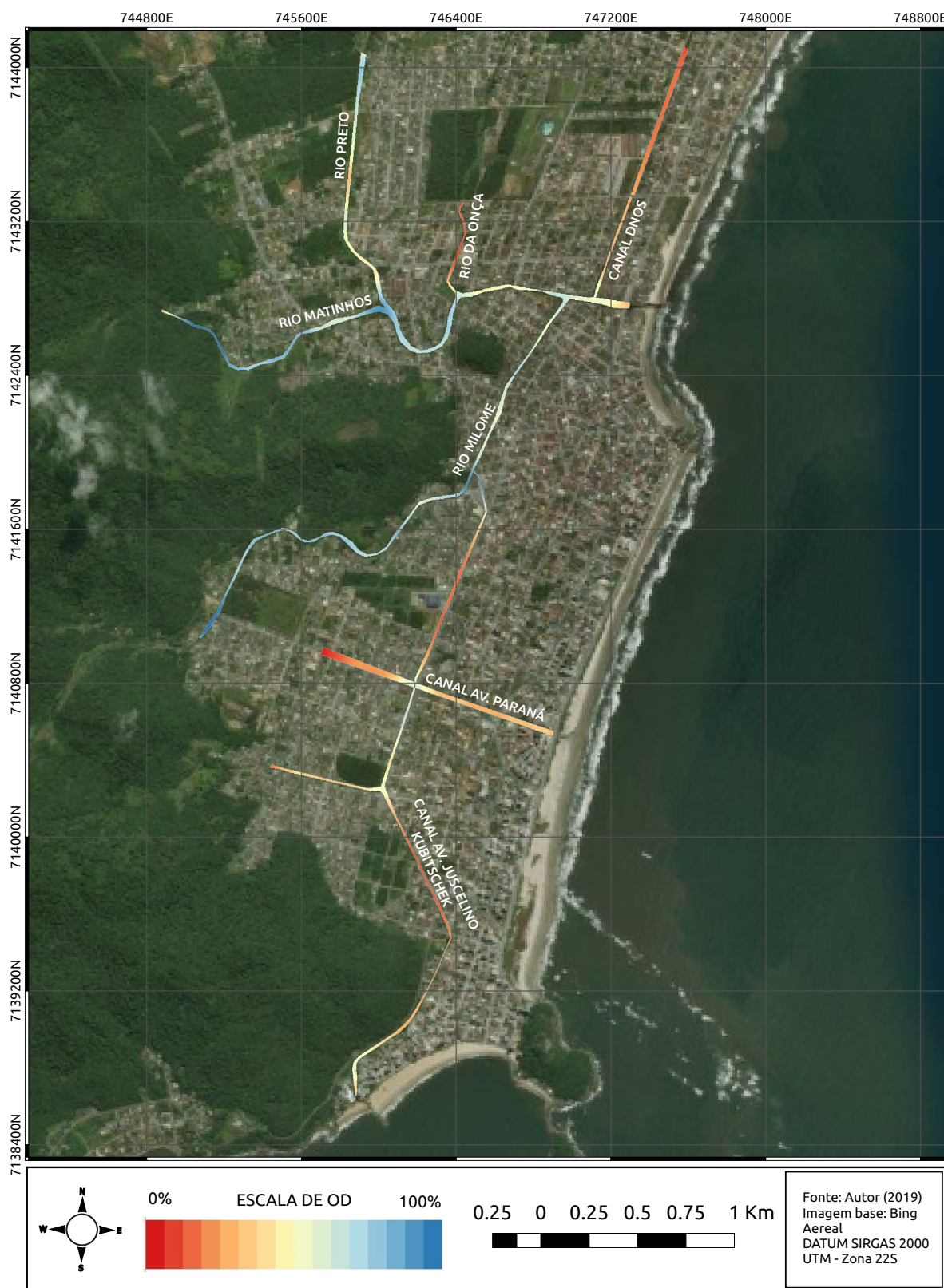
FONTE: O autor (2020).

Observa-se na FIGURA 4 que apesar de ter chovido nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2018, as concentrações de OD em água não eram significativamente menores do que as concentrações medidas nos outros meses. Observa-se também, que a maior chuva ocorreu três dias antes do dia da coleta de fevereiro de 2019. Mesmo assim, a concentração de OD neste mês foi semelhante a dos meses subsequentes.

O mapa da FIGURA 5 exibe a concentração de oxigênio dissolvido em água dos rios e canais de Matinhos. Este mapa foi gerado com diversas concentrações de OD medidas ao longo dos rios e canais de Matinhos no dia 19 de junho de 2019 em horário de maré vazante de Sizígia. A cor vermelha do mapa representa as

concentrações mais baixas de OD (em % de saturação) e a cor azul as concentrações mais elevadas. Observa-se pela coloração vermelha deste mapa que os rios e canais com menores concentrações de OD são o rio da Onça, o canal DNOS, o canal da Av. Paraná e o canal da Av. JK. Também se nota que o rio Matinhos está com concentração de OD próxima à saturação na região mais a montante, e que há um declínio da concentração de OD nas proximidades de sua foz devido à mistura da água do rio Matinhos com os seus afluentes poluídos. Assim como o rio Matinhos, o rio Milome tem concentrações de OD próximas à saturação na região mais a montante e concentrações inferiores quando se aproxima de sua foz, no rio Matinhos.

FIGURA 5 - MAPA COM A REPRESENTAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.



FONTE: O autor (2020).

Os resultados das análises das concentrações de matéria orgânica biologicamente degradável em termos de DBO estão na TABELA 6. Os números destacados em cor vermelha indicam os pontos com concentrações superiores a 5 mgL^{-1} estabelecidos como mínimo pela resolução para corpos d'água classe 2. Os pontos de monitoramento foram agrupados com base nas concentrações de DBO medidas utilizando a Análise de Agrupamento Hierárquico (AHH). Os grupos formados estão dispostos na TABELA 6, na sequência de cima para baixo de menor para maior DBO. Nota-se que os pontos 4 e 7 apresentaram as maiores concentrações médias de DBO. Esses pontos estão situados no rio Preto e no rio Onça. Observa-se na FIGURA 4 que as concentrações de OD desses pontos também estão entre as mais baixas em relação aos outros pontos de monitoramento. Nota-se que as menores concentrações de DBO foram medidas nas estações do inverno e primavera. Em geral, as concentrações de DBO se enquadravam aos corpos d'água classe 2 no inverno e na primavera em 2018. Já no verão e outono, as concentrações eram, em geral, significativamente maiores do que no inverno e primavera. Essas são as estações do ano com maior quantidade de pessoas frequentando a cidade devido ao turismo o que possivelmente aumenta a quantidade de nutrientes e matéria orgânica nos rios e canais de Matinhos, fazendo com que haja maior atividade biológica e maior consumo de OD, o que pode estar refletindo na qualidade das águas monitoradas (ARMANI et al., 2018).

Com relação aos resultados de demanda química de oxigênio (DQO), a Resolução CONAMA N° 357 de 2005 não define limites para este parâmetro, tanto para a classificação de corpos d'água quanto para o lançamento de efluentes líquidos. Embora a DQO não tenha valores previstos na legislação, alguns autores estabeleceram limites aceitáveis a este parâmetro em águas superficiais. Segundo Chapman (1996), a concentração aceitável de DQO em um rio não poluído deve ser inferior à 20 mgL^{-1} . As médias das concentrações medidas em todos os meses em cada um dos pontos foram superiores a este limite, variando entre 21 e 80 mgL^{-1} , exceto para os resultados obtidos das amostras dos pontos 6 e 8, onde os resultados médios obtidos foram 12 e 16 mgL^{-1} , respectivamente. As menores concentrações deste parâmetros foram obtidas no inverno.

TABELA 6 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE DBO (mgL^{-1}) DAS ESTAÇÕES VERÃO (V), OUTONO (O), INVERNO (I) E PRIMAVERA (P).

Grupo	Ponto	2018				2019			$\bar{x} \pm \sigma$
		V	O	I	P	V	O	I	
1	6	9	7	2	4	7	12	9	7±13
	2	9	2	4	4	11	19	7	8±6
	3	8	6	2	3	7	22	13	9±7
	5	8	5	3	5	18	19	-	10±7
2	1	15	3	1	3	15	-	8	8±6
	9	10	9	-	0	17	3	12	8±6
3	8	13	12	1	3	7	34	5	11±11
4	4	9	2	5	6	20	30	11	12±10
	7	10	12	5	3	15	29	14	13±8
$\bar{x} \pm \sigma$		10±2	6±4	3±2	4±2	15±5	22±10	9±3	

FONTE: O autor (2020).

Quanto ao pH da água, a Resolução CONAMA N° 357 de 2005 estabelece a faixa de 6 a 9 para rios classe 2. O pH das amostras dos pontos de monitoramento em geral variaram entre 6,0 e 7,5, dentro da faixa estabelecida pela resolução, exceto nas amostras coletadas nos pontos 4 e 5 em janeiro de 2018 e no ponto 7 em fevereiro de 2018, cujo pH variou entre 5,7 e 6. Avaliou-se também a alcalinidade total (AT) das amostras coletadas. Os maiores valores de AT foram obtidos das amostras coletadas nos pontos mais próximos ao mar. Nesses pontos, o pH também é mais básico, provavelmente por influência da água do mar, rica em bicarbonato, que também aumenta a alcalinidade da água.

4.3 PARÂMETRO MICROBIOLÓGICO

A *Escherichia coli* é uma bactéria que habita o intestino de animais de sangue quente, podendo ser encontrada nas fezes desses animais, tal como em fezes humanas; logo, essa bactéria é utilizada como indicadora de material fecal na água. As Resoluções CONAMA N° 357/2005 e N° 274/2000 estabelecem o limite máximo de 800 NMP100mL⁻¹ de concentração de *Escherichia coli* para rios de classe 2 e para a recreação de contato primário, respectivamente.

Na TABELA 7 estão os resultados das análises de *Escherichia coli* medidas no ponto 10 e nos pontos de 1 a 6. As análises desse parâmetro foram realizadas apenas uma vez por estação. Os resultados obtidos das amostras coletadas no ponto 10, que é um dos pontos de captação de água da SANEPAR, atenderam aos padrões estabelecidos nessas resoluções, exceto na primavera de 2018 (a FIGURA 6 exibe o ponto de captação de água da SANEPAR). Já para as análises realizadas nas amostras coletadas nos pontos 1 a 6, apenas os resultados obtidos das amostras coletadas no ponto 4 no inverno de 2018 e 2019 atenderam aos padrões dessas resoluções. Os resultados que excederam os limites estabelecidos pelas resoluções estão com cor vermelha na TABELA 7.

FIGURA 6 - PONTO 10 DE COLETA DE AMOSTRAS E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA SANEPAR NO RIO MATINHOS.



FONTE: O autor (2020).

TABELA 7 - RESULTADO DAS ANÁLISES DE *ESCHERICHIA COLI* DAS AMOSTRAS COLETADAS NOS PONTOS 1 A 6 E 10 PARA AS ESTAÇÕES VERÃO (V), OUTONO (O), INVERNO (I) E PRIMAVERA (P).

Ponto	2018			2019			$\bar{x} \pm \sigma$
	O	I	P	V	O	I	
1	5800	3011	10178	6057	5472	5290	5968±2333
2	4630	2049	4478	16265	8497	3491	6568±5211
3	3723	2250	13193	10698	7601	4192	6943±4326
4	4281	365	11087	1489	1545	672	3240±4086
5	13842	9059	6358	6180	5419	5760	7769±3244
6	37812	30815	31323	5400	2310	819	18080±16936
10	21	47	1077	102	30	33	218±422
$\bar{x} \pm \sigma$	10016 ±12951	6799 ±11004	11099 ±9841	6599 ±5488	4411 ±3184	2894 ±2360	

FONTE: O autor (2020).

4.4 SAZONALIDADE DA CONCENTRAÇÃO DE OD, DBO E *ESCHERICHIA COLI*

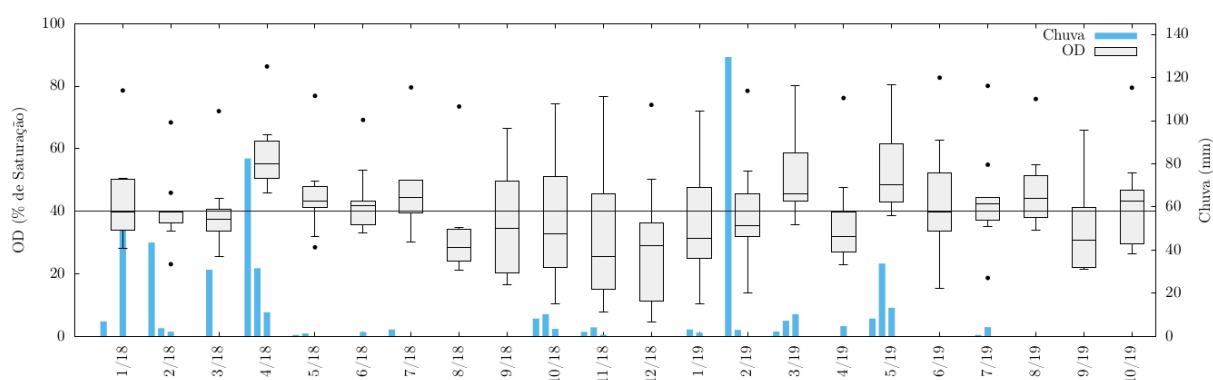
A população de Matinhos flutua ao longo do ano. Nos meses do verão a quantidade de pessoas que frequenta o município é maior do que nas outras estações do ano devido ao turismo. Nesta seção apresenta-se uma análise da variação mensal das concentrações de OD e DBO obtidas em todos os pontos de monitoramento, para verificar se há algum padrão sazonal nessas concentrações.

Nas FIGURAS 7 e 8 estão os gráficos do tipo *boxplot* com as concentrações de oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio. Entre as hastes verticais estão todas as concentrações medidas (exceto os pontos pretos, que estão com concentrações significativamente diferentes das demais), enquanto que as caixas representam 50% das concentrações mais frequentes. As concentrações de OD foram reportadas em porcentagem de saturação nesta seção para eliminar a variação da concentração de OD devido ao efeito natural da solubilização do oxigênio em água em função de escalares que variam ao longo do ano, tal como a temperatura da água. Nestas mesmas figuras, as barras verticais de cor azul indicam a chuva que ocorreu no dia da coleta e em dois dias que a antecedeu. A linha horizontal corresponde a concentração de 40% do valor de saturação, e foi

incluída apenas para se utilizar como referência na visualização da variação anual da concentração de OD.

Nota-se na FIGURA 7, que as concentrações obtidas nos pontos de medição para o mesmo mês variaram mais de setembro de 2018 à janeiro de 2019 (caixas maiores), ou seja, nesses meses alguns pontos de medição apresentaram concentrações de OD muito baixas ($\approx 5\%$ do valor de saturação) e concentrações de OD muito altas ($\approx 80\%$ do valor de saturação). Já nos outros meses de medição, as concentrações de OD variaram menos entre os pontos. Observa-se que no verão de 2018, a maior parte das concentrações de OD medidas era menor ou igual a concentração de 40% do valor de saturação, enquanto que no outono de 2018 e em julho de 2018 a maior parte das concentrações de OD era maior do que a concentração de 40% do valor de saturação. De agosto de 2018 à fevereiro de 2019, a maioria dos pontos apresentou concentração de OD inferior ao valor de 40% da concentração de saturação. Na sequência, do mês de maio à agosto de 2019, a maior parte das concentrações era superior à concentração de 40% do valor de saturação. Os pontos pretos com as maiores concentrações são do ponto 6 de medição, que está na região mais a montante do rio Matinhos.

FIGURA 7 - GRÁFICO DE *BOXPLOT* DAS CONCENTRAÇÕES MENSAIS DE OD EM ÁGUA.

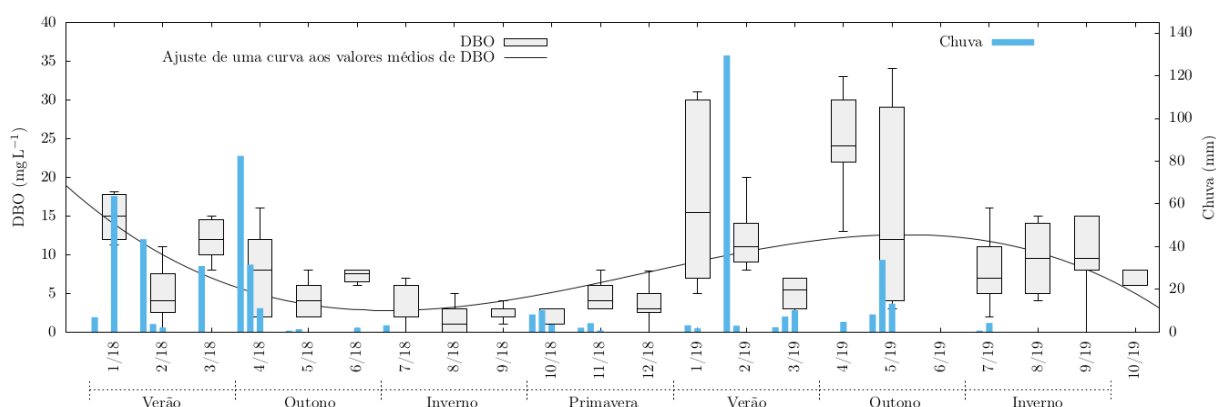


FONTE: O autor (2020).

Na FIGURA 8 exibe-se as concentrações mensais de DBO. A variação de DBO está mais clara e pode ser atribuída às estações do ano como se pode observar pela curva que está na figura. Essa curva é um polinômio de quinta ordem ajustado às concentrações medianas de DBO por uma regressão linear. Ao

comparar as concentrações das estações dos mesmos anos, nota-se que a maior parte dos valores foi superior no verão e outono e inferior no inverno. Alguns autores associam o aumento da DBO nesses períodos às maiores temperaturas, que diminui a solubilização do oxigênio, e às menores vazões que diminui a capacidade de diluição dos corpos hídricos (ARMANI et al., 2018; CUNHA et al., 2013; GOMES et al., 2018). Gomes et al. (2018) monitorou a qualidade da água do Rio dos Sinos, no estado do Rio Grande do Sul, e encontraram valores mais elevados de DBO nas estações primavera e verão do que no outono e no inverno devido a estes fatores. Cunha et al. (2013), em um estudo realizado da lagoa Caiubá no estado do Rio Grande do Sul, encontraram valores de DBO mais elevados no verão devido possivelmente ao aumento de nutrientes e matéria orgânica no período que consequentemente aumentou a atividade biológica e o consumo de OD do meio.

FIGURA 8 - GRÁFICO DE *BOXPLOT* DAS CONCENTRAÇÕES MENSAIS DE DBO.



FONTE: O autor (2020).

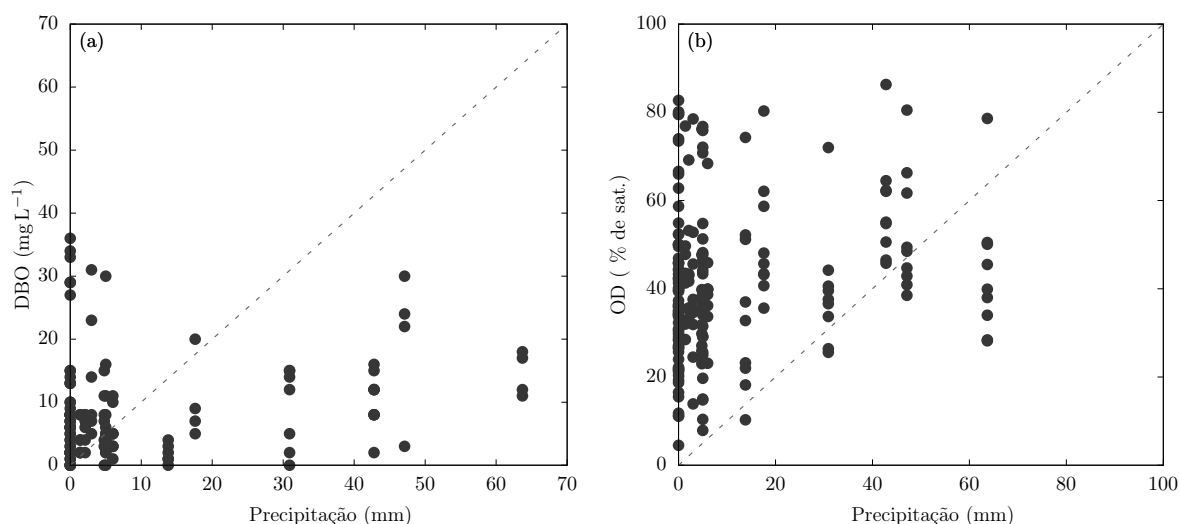
Observa-se na TABELA 7 que a concentração de *Escherichia coli* também variou ao longo do ano. Ao comparar as estações do mesmo ano, observa-se que as concentrações medidas nas estações do inverno eram na maior parte das vezes menores do que as concentrações medidas nas outras estações.

A concentração de OD, de matéria orgânica biodegradável e de *Escherichia coli* podem estar mostrando a maior contribuição de carga orgânica aos rios por

turistas, pois grande parte dos edifícios da cidade são ocupados exclusivamente nos períodos mais quentes.

Quanto à chuva, observa-se que choveu mais nos dias que antecederam as coletas dos meses do verão e outono. Embora esses meses tenham apresentado as maiores concentrações de DBO e menores concentrações de OD, não se observou uma relação direta entre a quantidade de chuva e essas variáveis (vide FIGURA 9).

FIGURA 9 - GRÁFICO DE DISPERSÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE DBO E PLUVIOSIDADE* (PAINEL A), E OD E PLUVIOSIDADE (PAINEL B).



FONTE: O autor (2020).

NOTA: *Considerou-se a somatória da pluviosidade dos dois dias que antecederam a coleta de amostras e as concentrações de DBO por ponto de monitoramento.

4.5 EFEITO DA NOVA INFRAESTRUTURA SANITÁRIA À QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS E CANAIS DE MATINHOS.

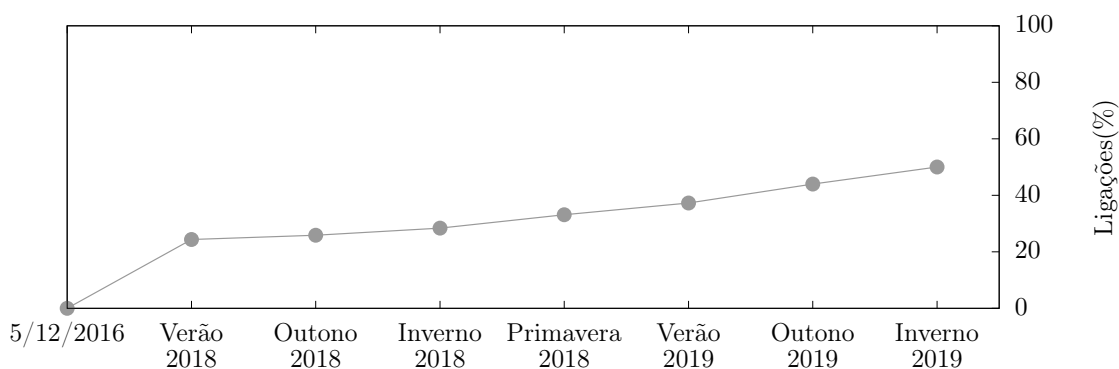
Devido à ampliação do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Matinhos, a poluição dos corpos d'água dessa cidade por esgoto doméstico tende a cessar, consequentemente, a qualidade das águas dos rios monitorados melhorará com o tempo. Esse processo depende da adesão das pessoas à nova infraestrutura sanitária.

Na FIGURA 10 estão os percentuais de edifícios conectados à nova rede coletora de esgotos de Matinhos por estação do ano, desde a conclusão das obras de implantação da rede coletora de esgotos nos bairros Sertãozinho, Bom Retiro,

Bertioga e Bela Vista (vide mapa da FIGURA 1), no dia 5 de dezembro de 2016. A implantação de toda a rede coletora de esgoto foi concluída no mês de julho de 2018, disponibilizando acesso à rede 12.801 economias¹.

Como se pode observar na FIGURA 10, a adesão de novos edifícios à rede coletora de esgoto é morosa. Esse processo também é impactado pela característica sazonal do município referente à população. Embora a rede esteja disponível desde julho de 2018, menos de 60% da rede está sendo utilizada atualmente.

FIGURA 10 - PERCENTUAL DE LIGAÇÕES TOTAIS DOS EDIFÍCIOS DE MATINHOS À NOVA REDE COLETORA DE ESGOTOS.



FONTE: O autor (2020).

Para avaliar a influência de todos os parâmetros monitorados neste trabalho na qualidade da água do rio Matinhos e seus afluentes utilizou-se a análise de componentes principais (PCA). Nesta avaliação foram utilizados apenas os pontos de 1 a 6 de monitoramento e a média por estação do ano dos parâmetros de qualidade da água. O período de avaliação para esta análise compreendeu as estações do outono de 2018 ao inverno de 2019. A nomenclatura dos parâmetros utilizados são: oxigênio dissolvido em relação à concentração de saturação (OD.sat), temperatura da água (T), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), pH (pH), alcalinidade total (AT), turbidez (TBZ), sólidos suspensos totais (SST), salinidade (Sal) e *Escherichia coli* (Ec).

1 O termo 'economia' refere-se a todo imóvel, ou subdivisão de um imóvel, que possui uma instalação privada ou de uso comum de serviços de água e/ou esgotamento sanitário cadastrada e faturada pela SANEPAR (SANEPAR, 2019)

Verificou-se a colinearidade dos parâmetros envolvidos na análise PCA para avaliar a similaridade da explicação das variáveis. A maior correlação obtida foi de 0,73 e das variáveis pH e salinidade. Portanto, nenhuma variável foi excluída desta análise.

No gráfico da FIGURA 11 está a representação dos dois componentes principais da PCA e a representação das variáveis e dos pontos de monitoramento. A componente principal 1 (Eixo 1 representado pela linha horizontal tracejada no centro do gráfico) descreveu 30,26% da variância dos parâmetros nos pontos enquanto a componente principal 2 (Eixo 2 representado pela linha vertical tracejada no centro gráfico) descreveu 22,58%, totalizando em 52,8% a explicação da variância dos parâmetros avaliados nos pontos de monitoramento. Os parâmetros TBZ, T, DBO, SST e DQO ficaram positivamente associados à componente principal 1 enquanto os parâmetros OD.sat, Ec, pH, AT e Sal ficaram negativamente associados. Na componente principal 2 (Eixo 2), os parâmetros OD.sat, Ec, TBZ e T ficaram positivamente associados a este eixo, enquanto os parâmetros pH, Sal, AT, DQO, SST e DBO associaram-se negativamente. Como é de se esperar os pontos cuja variância é menos explicada pela concentração de OD são os pontos com variância melhor explicada pela concentração de DQO, SST e DBO.

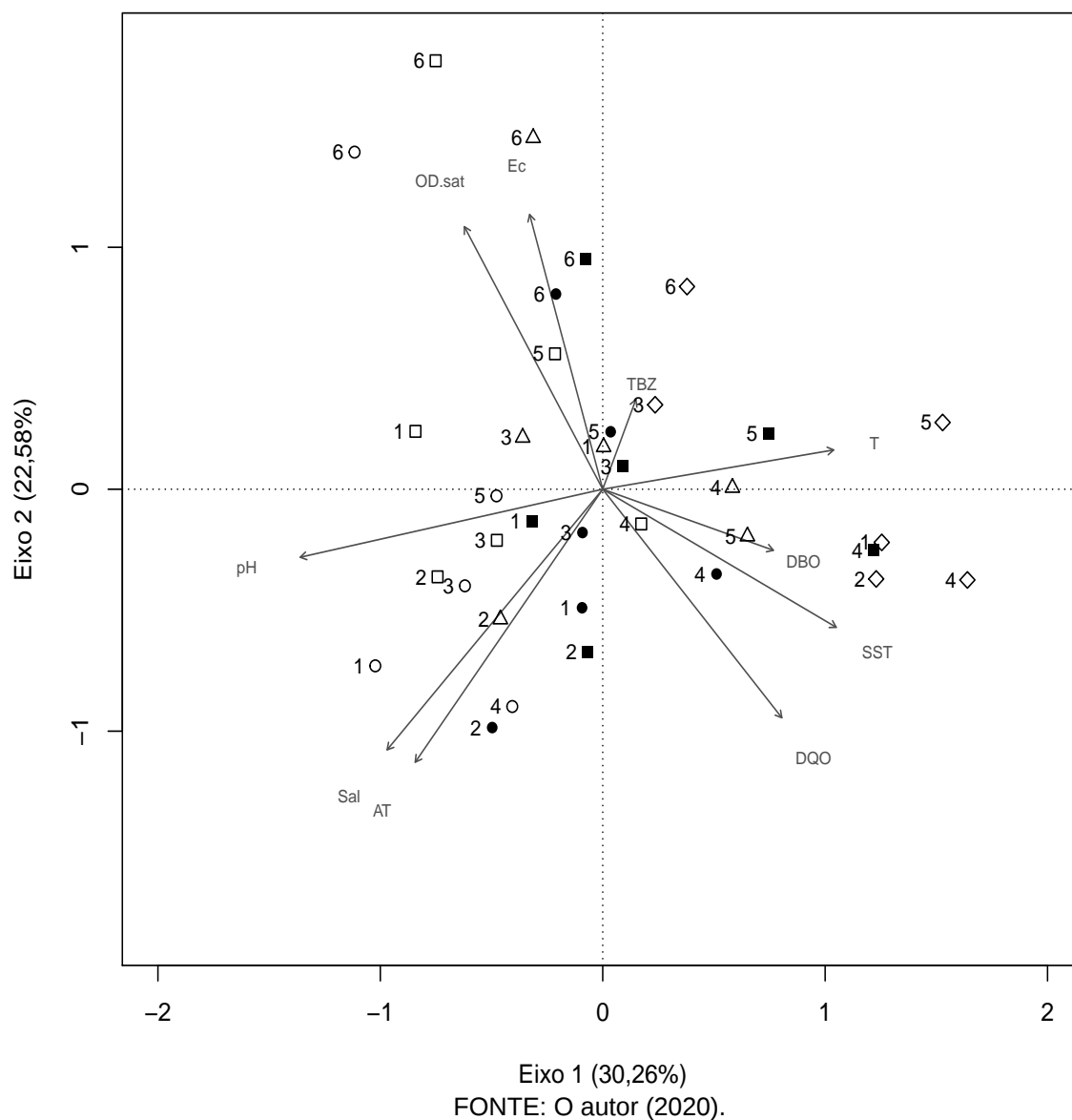
Na FIGURA 11, os vetores que representam os escalares variam seus tamanhos e aproximações dos eixos principais: quanto maior o vetor, maior é a explicação e significância da variável; e quanto mais próximo o vetor estiver da componente principal, maior é a associação desta variável à componente principal em questão (Eixo 1 ou 2). A disposição dos pontos no gráfico explica a variância dos mesmos e a quais parâmetros eles estão mais associados. Os pontos de monitoramento estão representados pelos números de 1 a 6 e as estações do ano pelos símbolos: outono de 2018 (\square), inverno de 2018 (\circ), primavera de 2018 (\triangle), verão de 2019 (\diamond), outono de 2019 (\blacksquare) e inverno de 2019 (\bullet).

Observa-se que as medições no verão de 2019 (\diamond) ficaram alocadas na parte positiva do Eixo 1, que é explicado pelos parâmetros TBZ, T, DBO, SST e DQO; logo, os maiores valores destes parâmetros foram obtidos nos pontos monitorados nesta estação. Isso sugere o impacto da sazonalidade populacional na qualidade da água dos rios e canais de Matinhos no verão, época em que mais

pessoas frequentam a cidade. Essas variáveis também explicam mais o ponto 4 de medição, com excessão da medição realizada no inverno de 2018 (4 ○). O ponto 4 é um dos pontos com menor concentração de OD e maior concentração de DBO, tal como mostrado nas análises anteriores. Apesar disso, o ponto 4 é um dos pontos com menor concentração de *E. Coli*. Este ponto de monitoramento está no rio da Onça. Observa-se na FIGURA 12 que as margens são artificiais e a região é bastante urbanizada.

Nota-se que as variáveis AT, Sal e pH explicaram os pontos que mais recebem a influência das águas do mar (pontos 1, 2 e 3). Quanto ao parâmetro OD.sat, ficou associado positivamente ao Eixo 2. O ponto que mais responde ao OD é o ponto 6 de monitoramento, assim como já foi mencionado nas análises anteriores. No ponto 6, também se constatou as maiores concentrações de *E. coli*, mas se nota que essas concentrações diminuíram com o passar do tempo: repare no gráfico que do outono (■) de 2018 ao inverno (●) de 2019, as distâncias do ponto 6 à origem do gráfico diminuem.

FIGURA 11 - PRIMEIROS DOIS COMPONENTES DOS EIXOS DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS VARIÁVEIS E PONTOS DE MONITORAMENTO.



LEGENDA: Os números representam os pontos de monitoramento e os símbolos as estações do ano: outono de 2018 (□), inverno de 2018 (○), primavera de 2018 (△), verão de 2019 (◇), outono de 2019 (■) e inverno de 2019 (●).

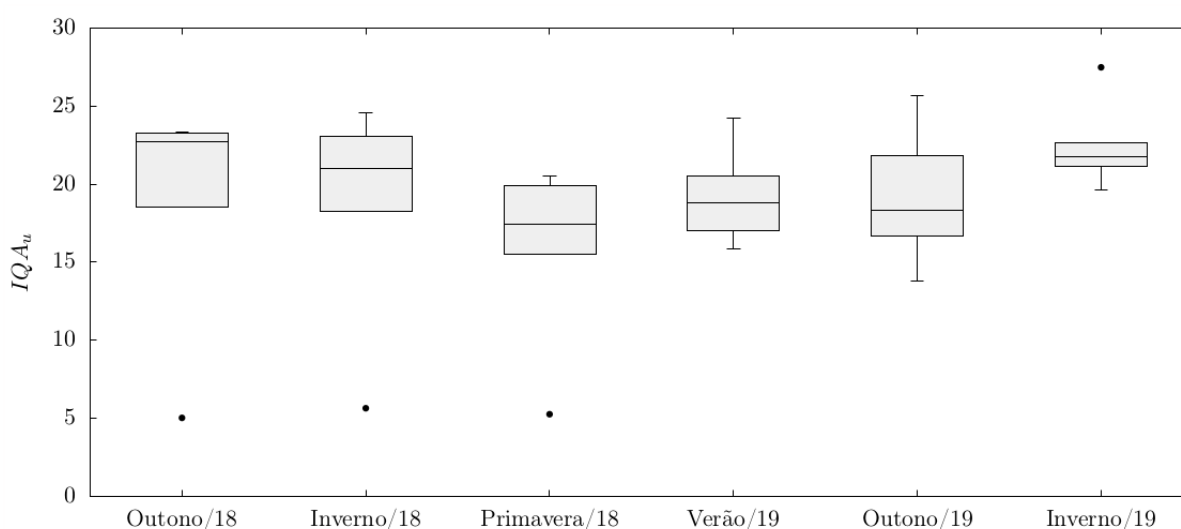
FIGURA 12 - PONTO 4 DE MONITORAMENTO SITUADO NO RIO DA ONÇA.



FONTE: O autor (2020).

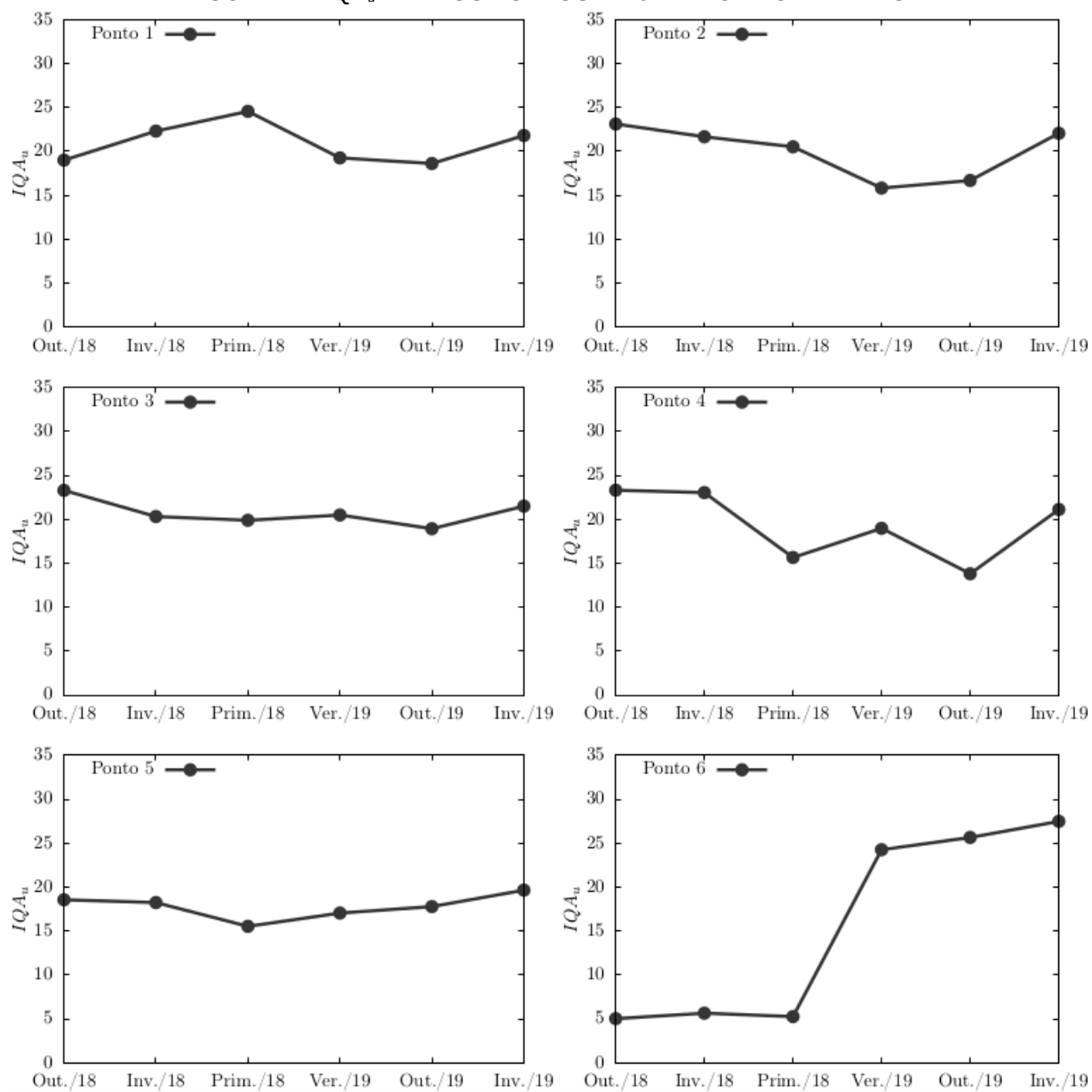
A FIGURA 13 exibe um gráfico de *boxplot* com os resultados do IQA_u calculados para os pontos de 1 a 6 para as estações de Outono de 2018 a Inverno de 2019. Nota-se que os maiores valores de IQA_u foram obtidos no inverno de 2019 e que nesta estação a variação do IQA_u entre os pontos monitorados foi menor (caixa menor) do que nas outras estações do ano. Além disso, o índice é geralmente menor na primavera e no verão do que nas outras estações do ano.

FIGURA 13 - GRÁFICO DE BOXPLOT DOS RESULTADOS DE IQA_u POR ESTAÇÃO DO ANO.



FONTE: O autor (2020).

A FIGURA 14 exibe a variação do IQA_u por estação de monitoramento e a cada um dos pontos individualmente. A alteração na qualidade da água do ponto 6 é bastante nítida. Nota-se que não se trata de um efeito sazonal, mas de uma melhoria que permaneceu após o monitoramento da primavera de 2018. Nos outros pontos o índice era geralmente menor no verão e maior na primavera de 2019, possivelmente retratando o efeito do turismo na cidade, mas a variação do índice foi bastante sutil: ao comparar o IQA_u obtido no inverno de 2018 com o obtido no inverno de 2019, o IQA_u foi cerca de 1,8% maior no ponto 2, 5,8% maior no ponto 3, 7,8% maior no ponto 5, mas nos pontos 1 e 4 o IQA_u obtido no inverno de 2019 era, aproximadamente, 9% menor do que o IQA_u obtido no inverno de 2018.

FIGURA 14 - IQA_u PARA OS PONTOS 1 A 6 DE MONITORAMENTO.

FONTE: O autor (2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No mês de julho de 2018 foi concluída uma obra de ampliação do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Matinhos que disponibilizou acesso à rede coletora de esgotos à 12.801 unidades consumidoras do município de Matinhos. Para avaliar o impacto da nova infraestrutura sanitária na qualidade das águas dos rios e canais dessa cidade, monitorou-se 10 pontos situados no rio Matinhos e afluentes durante os anos de 2018 e 2019.

Em todos os pontos monitorados a concentração de matéria orgânica biodegradável e inerte apresentaram concentrações superiores aos níveis tolerados pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para rios de classe 2. As concentrações de OD também apresentaram valores fora do intervalo definido para rios classe II, exceto em um único ponto, que é o ponto mais a montante do rio Matinhos e menos impactado pela urbanização.

Os parâmetros de qualidade da água variaram ao longo do ano, geralmente apresentando valores melhores nos meses mais frios do que nos meses mais quentes, sugerindo um efeito negativo do turismo na qualidade das águas nos pontos monitorados. Muitos dos edifícios da cidade só são utilizados nas temporadas turísticas.

Ao comparar parâmetros de qualidade da água e um índice, ambos obtidos com um tempo de aproximadamente 1 ano de diferença, constatou-se que houve uma melhoria significativa apenas na qualidade da água do ponto 6. Nos outros pontos, a qualidade da água permaneceu aproximadamente igual. Isso pode estar ocorrendo porque menos de 60% da nova rede coletora de esgotos está sendo utilizada atualmente. Logo, ainda há lançamento irregular de esgoto doméstico nos corpos hídricos do município de Matinhos.

Apesar dos resultados das análises de qualidade da água indicarem contaminação por esgoto em todos os pontos de monitoramento, esse cenário tende a mudar com o tempo, num período proporcional ao tempo de adesão à rede coletora de esgotos. É necessário uma força tarefa para completar as ligações da rede e, conseqüentemente, eliminar os pontos de lançamento de esgoto doméstico nos rios e canais de Matinhos.

REFERÊNCIAS

ANIL, Rrtu; NEERA, Anand Lali. Modified septic tank treatment system. **Procedia Technology**, Elsevier, v. 24, p. 240–247, 2016.

ARMANI, F. A. S.; FERREIRA, L. R. A.; DE OLIVEIRA, F. M. M.; GOETZE, P. F. B.; SILVA, C. A. Qualidade das águas dos rios urbanos das cidades de Matinhos-PR e Pontal do Paraná-PR. **Revista Técnico-Científica**, n. 14, 2018.

ASSIS COSTA, L. A.; PESSOA, D. M. M.; SILVA CARREIRA, R. Chemical and biological indicators of sewage river input to an urban tropical estuary (Guanabara Bay, Brazil). **Ecological Indicators**, Elsevier, v. 90, p. 513–518, 2018.

AZURIN, J. C.; ALVERO, M. Field evaluation of environmental sanitation measures against cholera. **Bulletin of the World Health Organization**, World Health Organization, v. 51, n. 1, p. 19, 1974.

BARÉA, LC. RALF, Reator Anaeróbio de Manto de Lodo e Fluxo Ascendente reduzindo custos e economizando energia no Tratamento de Esgotos. **Companhia Paranaense de Saneamento-Sanepar**, v. 87, p. c3, 2006.

BIGARELLA, João José. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, SciELO Brasil, p. 65–110, 2001.

BOSCH, A.; ABAD, F. X.; PINTÓ, R. M. Human pathogenic viruses in the marine environment. In: OCEANS and health: pathogens in the marine environment. [S.l.]: **Springer**, 2005. p. 109–131.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357. de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2005.

CHAPMAN, D. V. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. **CRC Press**, 1996.

CLASEN, T.; SCHMIDT, W. P.; RABIE, T.; ROBERTS, I.; CAIRNCROSS, S. Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea: systematic review and meta-analysis. **British Medical Journal Publishing Group**, v. 334, n. 7597, p. 782, 2007.

COLIT, Conselho de Desenvolvimento Territorial do Litoral Paranaense. Diagnostico Municipal: Socioeconômico e Físico Territorial. **Plano Diretor Participativo e de Desenvolvimento Integrado Matinhos - PR**, Brasil, 2006.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M.. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 1, n. 1, 2015.

CUNHA, R. W.; GARCIA JR, M. D.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Qualidade de Água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. pt. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Scielo, v. 17, p. 770–779, jul. 2013. ISSN 1415-4366.

DANTAS, F V. S.; LEONETI, A. B.; de OLIVEIRA, S. V. W. B.; de OLIVEIRA, M. M. B. Uma análise da situação do saneamento no Brasil. **FACEF Pesquisa-Desenvolvimento e Gestão**, v. 15, n. 3, 2013.

FEWTRELL, L.; KAUFMANN, R. B.; KAY, D.; ENANORIA, W.; HALLER, L.; COLFORD JR, J. M. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet infectious diseases**, Elsevier, v. 5, n. 1, p. 42–52, 2005.

GOMES, S. H. R.; GUEDES, H. A. S.; SIQUEIRA, T. M.; CORRÊA, L. B.; ANDREAZZA, R.; HÜFFNER, A. N. Modelagem sazonal da qualidade da Água do Rio dos Sinos/RS utilizando o modelo QUAL-UFMG. **Revista de Engenharia Sanitaria e Ambiental**, scielo, v. 23, p. 275–285, mar. 2018. ISSN 1413-4152.

IBGE, Censo Demográfico 2011. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2011.

KAMBLE, S. M. Water pollution and public health issues in Kolhapur city in Maharashtra. **International journal of scientific and research publications**, Citeseer, v. 4, n. 1, p. 1–6, 2014.

KISHIDA, N.; NODA, N.; HARAMOTO, E.; KAWAHARASAKI, M.; AKIBA, M.; SEKIGUCHI, Y. Quantitative detection of human enteric adenoviruses in river water by microfluidic digital polymerase chain reaction. **Water Science and Technology**, IWA Publishing, v. 70, n. 3, p. 555–560, 2014.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

LIMA, B. P.; MAMEDE, G. L.; NETO, I. E. L. Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 125–135, 2018.

MILANI, J. R.; CANALI, N. E.. O sistema hidrográfico do rio Matinhos: uma análise morfométrica. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 4, 2000.

NEVES-SILVA, P.; HELLER, L. O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, SciELO Public Health, v. 21, p. 1861–1870, 2016.

NORAT-RAMÍREZ, J.; MÉNDEZ-LÁZARO, P.; HERNÁNDEZ-DELGADO, E. A.; MATTEI-TORRES, H.; CORDERO-RIVERA, L. A septic waste index model to measure the impact of septic tanks on coastal water quality and coral reef communities in Rincon, Puerto Rico. **Ocean & coastal management**, Elsevier, v. 169, p. 201–213, 2019.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; SPERLING, M. V. Potenciais Impactos de Sistemas Estáticos de Esgotamento Sanitário na Água Subterrânea-**Revisão de literatura. Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, 2011.

PEREIRA, R. da S.. Poluição hídrica: causas e consequências. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, v. 1, n. 1, p. 20–36, 2004.

PERES, L. J. S.; HUSSAR, G. J.; BELI, E. Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal-SP, v. 7, n. 1, p. 020–036, 2010.

PIERRI, N.; ANGULO, R. J.; DE SOUZA, M. C.; KIM, M. K. A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 13, 2006.

PILOTTI, M.; CHAPRA, S. C.; VALERIO, G. Steady-state distributed modeling of dissolved oxygen in data-poor, sewage dominated river systems using drainage networks. **Environmental modelling & software**, Elsevier, v. 111, p. 153–169, 2019.

POMPERMAYER, R.; ANGELO, H.; ALMEIDA, A. N. Custo Social da Degradação da Qualidade Hídrica para o Abastecimento Público. **Floresta e Ambiente**, SciELO Brasil, v. 23, n. 3, p. 320–329, 2016.

PRICE, J. I.; HEBERLING, M. T. The effects of source water quality on drinking water treatment costs: a review and synthesis of empirical literature. **Ecological economics**, Elsevier, v. 151, p. 195–209, 2018.

ROCHA, J. R. C. Avaliação da Atividade Antrópica no Rio Guaraguaçu (Pontal do Paraná-PR). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, SciELO Brasil, v. 20, n. 3, 2016.

SILVA FILHO, A. C.; MORAIS, R. D.; SILVA, J. B. Doenças de veiculação hídrica: dados epidemiológicos, condições de abastecimento e armazenamento da água em Massaranduba/PB. **Geoambiente On-line**, n. 20, p. 01–14, 2013.

SILVA, S. C.; RIBEIRO, M. M. R. Water body classification and raw water charges in the Pirapama River Basin. **Revista de Engenharia Sanitaria e Ambiental**, SciELO Brasil, v. 11, n. 4, p. 371–379, 2006.

SILVA, T. C.; MATOS DE CARVALHO, M. B.; MOREIRA GADELHA, C. L.; SILVA JR, W. R. Diagnosis and hierarchization of urban drainage problems in the south coast zone of Paraíba state. **Revista de Engenharia Sanitaria e Ambiental**, SciELO Brasil, v. 13, n. 2, p. 144–152, 2008.

SOUSA, R. S.; SEMENSATTO, D. Qualidade da Água do Rio Piracicaba: estudo de caso do efeito da Estação de Tratamento de Esgoto Piracicamirim, município de Piracicaba (SP). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 3, p. 629–638, 2015.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263–274, 2014.

SPIELKI, F. R. Crise hídrica, saúde e parâmetros de qualidade microbiológica da água no Brasil. **Revista USP**, n. 106, p. 71–78, 2015.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Unesco, 2001.

VILLATE, F.; IRIARTE, A.; URIARTE, I.; INTXAUSTI, L.; DE LA SOTA, A. Dissolved oxygen in the rehabilitation phase of an estuary: influence of sewage pollution abatement and hydro-climatic factors. **Marine pollution bulletin**, Elsevier, v. 70, n. 1-2, p. 234–246, 2013.

WIENSKOSKI, C.. Análise acerca da poluição do Rio Matinhos (Litoral do Paraná) e seus afluentes, antes e depois da implantação da rede de esgotamento sanitário e as suas consequências socioambientais. **Monografia (especialização) – Universidade Federal do Paraná**. 2010.

ZSCHORNACK, Thiago; OLIVEIRA, Therezinha Maria Novais de. Monitoramento e análise da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira no município de Joinville/SC (período 2011-2015). **Acta Biológica Catarinense**, v. 4, n. 3, p. 29–40, 2017.